

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-283651

(43)Date of publication of application : 15.10.1999

(51)Int.Cl.

H01M 8/04

(21)Application number : 10-086593

(71)Applicant : MAZDA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 31.03.1998

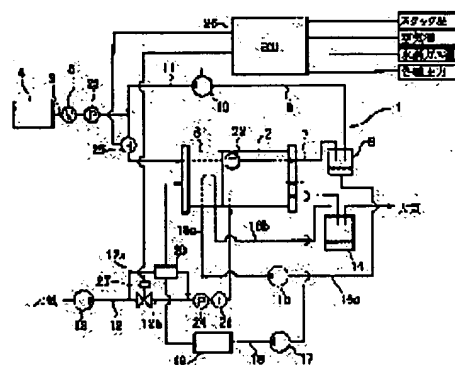
(72)Inventor : WATANABE SHOGO  
HIRANO SHINICHI  
EKUSA KENICHIRO  
INAME TSUTOMU

## (54) FUEL CELL SYSTEM

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a fuel cell system which can keep high output performance by enabling an electrolytic reaction to proceed efficiently at an electrolyte film even in a condition in which the temperature of fuel gas is higher than the temperature of oxidizer gas by a predetermined degree or more.

SOLUTION: Current air temperature TO which is the value of an air temperature sensor, hydrogen gas temperature TH, and stack temperature SO are inputted. An ECU 26 detects whether or not the temperature HO of hydrogen gas is higher than a predetermined temperature HO0, e.g. 10°C. The ECU 26 then detects whether or not the air temperature TO is lower than a predetermined temperature TO0, e.g. 5°C. When the hydrogen gas temperature is higher than the predetermined temperature HO0 and the air temperature is lower than the predetermined temperature TO0, then the ECU 26 determines that there is the possibility that an excessive wet condition may arise at a cathode because the temperature of the hydrogen gas is sufficiently high whereas the air temperature is low. On the basis of this determination, the ECU 26 performs control so that no power is supplied to a heater 25 so that a rise in temperature of the hydrogen gas stops. Independently of or at the same time as this control, the ECU 26 adjusts the opening of the flow control valve 27 of a bypass passage so that the air temperature rises abruptly.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.01.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(10)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-283651

(48)公開日 平成11年(1999)10月15日

(51)Int.Cl.  
H01M 8/04

特許庁記号

F I  
H01M 8/04

K  
T

審査請求 未請求 請求項の数 8 OL (全 8 項)

(21)出願番号 特願平10-86583

(22)出願日 平成10年(1998)8月31日

(71)出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72)発明者 藤田 正五

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(72)発明者 平野 伸一

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(72)発明者 江草 孝一郎

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(74)代理人 弁理士 中村 裕 (外7名)

最終頁に続く

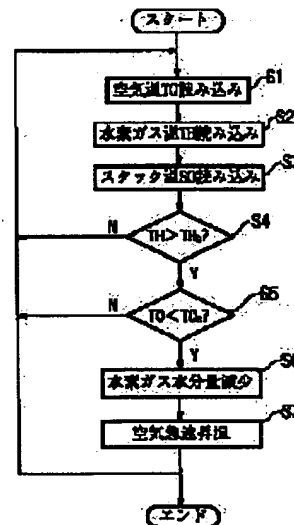
(54)【発明の名称】 燃料電池システム

(57)【要約】

【課題】燃料ガスの温度が酸化ガスの温度よりも所定以上高い状態であっても電解膜での電解反応を効率的に行わせることができ、高い出力性能を維持することができる燃料電池システムを提供する。

【解決手段】空気温度センサの値である現在の空気温T0および水素ガス温TH、スタック温度S0を入力する。E C U 2 6は、水素ガスの温度H0が所定温度H00 たとえば10℃より高いかどうかを検出する。空気温T0が所定温度T00

たとえば5℃より低いかどうかを検出する。水素ガス温度が所定温度H00 よりも高く、空気温度が所定温度T00 より低い場合には、水素ガスの温度は十分高い一方で、空気温度は低くカソード側での過剰湿潤状態が発生する可能性があると判断する。E C U 2 6はこの判断に基づいて、水素ガスの温度上昇を停止させるべくヒータ25への電力供給が行わないように制御する。これと独立してあるいはこれと平行して、E C U 2 6は、空気温を急速に上昇させるべく、バイパス通路の流量調整弁27の開度調整を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電解質膜の一方の側に配置され燃料ガスが供給されるアノード触媒電極と、

電解質膜の他方の側に配置され、酸化ガスが供給されるカソード触媒電極と、

前記アノード触媒電極に供給される燃料ガスを加温する燃料ガス加温手段と、

該加温された燃料ガスを前記アノード触媒電極に供給する燃料ガス供給手段と、

前記カソード触媒電極に酸化ガスを供給する酸化ガス供給手段と、

を備えた燃料電池システムにおいて、

前記燃料ガスの供給温度が酸化ガスの供給温度より所定温度以上高温であるときであって酸化ガスの供給温度が所定温度よりも低い場合に、燃料ガスから前記電解質膜への供給水分量を減少させる調整手段を備えたことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 2】 請求項 1 において、

前記調整手段は、燃料ガスの温度を下げることによって電解質膜への水分供給量を減少させるようになっていることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 3】 請求項 1 において、前記燃料ガスの供給量を減少させることによって電解質膜への水分量の供給量を減少させるようになっていることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 4】 請求項 1 において、運転停止後所定時間内に燃料電池システムを再始動するするとき、前記調整手段は、燃料ガスから電解質膜への供給水分量を減少させるようになっていることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 5】 請求項 1 において、所定温度よりも低い外気温の状態燃料電池システムを始動する場合に、前記調整手段は、燃料ガスから電解質膜への供給水分量を減少させるようになっていることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 6】 電解質膜の一方の側に配置され燃料ガスが供給されるアノード触媒電極と、

電解質膜の他方の側に配置され、酸化ガスが供給されるカソード触媒電極と、

前記アノード触媒電極に供給される燃料ガスを加温する燃料ガス加温手段と、

該加温された燃料ガスを前記アノード触媒電極に供給する燃料ガス供給手段と、

前記カソード触媒電極に酸化ガスを供給する酸化ガス供給手段と、

を備えた燃料電池システムにおいて、

前記燃料ガスの供給温度が酸化ガスの供給温度よりほぼ 10 度以上高温であるときであって酸化ガスの供給温度が所定温度よりも低い場合に、酸化ガスまたは前記電解質膜を急速昇温させることを特徴とする燃料電池システム。

ム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、燃料電池に関し、特に、燃料電池の電解質膜に対して適正かつ効率的な水分供給制御に関する。

【0002】

【従来の技術】 燃料電池特に、常温に近い温度での運転が可能であり、高いエネルギー変換効率及び高い出力効率を達成することができる。このため燃料電池は、移動用電源あるいは電気自動車の動力源として注目されている。燃料電池は、水素イオン伝導性の電解質膜を白金触媒を担持したカーボン電極で挟み込んで構成される発電素子、すなわち電解質膜-電極接合体及び各電極面にそれぞれの反応ガスを供給するためのガス通路を画成するとともに、発電素子を両側から支持するガス分離部材とを積層した構造を有する。そして、一方の電極に水素ガスすなわち燃料ガスを供給し、他方の電極に酸素あるいは空気すなわち酸化ガスを供給して、反応ガスの酸化還元反応にかかる化学エネルギーを直接電気エネルギーとして抽出するようになっている。すなわち、アノード側では水素ガスがイオン化して電解質中を移動し、電子は、外部負荷を流してカソード側に移動し、酸素と反応して水を生成する一連の電気化学反応による電気エネルギーを取り出すことができる。電解質膜中を水素イオンは水分子を伴い移動するため電解質膜が乾燥してしまうと、イオン伝導率が低下し、エネルギー変換効率が低下してしまう。このため、良好なイオン伝導を保つために電解質膜に水分を供給する必要がある。電解質膜への水分の供給のために、従来の構造では、燃料ガス及び酸化ガスを加温するための加温装置が設けられていた。

【0003】 そして、酸化剤ガスとして空気を使用する場合には、空気を所定の供給圧力まで加圧するためにエアコンプレッサーが必要となる。特開平 9-63620 号公報には、空気の CO を低減した後エアコンプレッサーによりこれを加圧して空気極に導入するようにした燃料電池が開示されている。しかし、このように、酸化ガスおよび燃料ガスの加温装置を設けるとともに、空気圧縮のためのエアコンプレッサーを備えた燃料電池システムは、極めて大型となり、移動型の電源装置としては不利となる。自動車のような移動体の動力源として燃料電池を適用する場合には、スペース上の制約のためにコンパクト化する必要があるだけでなく、エアコンプレッサー、加温装置等の周辺機器を含む全体の燃料電池システムについてコンパクト化を図ることが望ましい。

【0004】

【本発明が解決しようとする課題】 このような観点から、本件出願人は、特開平 9-121982 号において、空気用加温器を不実化することによって、システム

のコンパクト化を達成した燃料電池システムを提案している。このような空気用加湿器を不要化した燃料電池システムにおいては、所望の電解質膜の水分量は、水素ガスへの水分供給により行われることとなる。この場合、冷間時等の運転初期においては、燃料電池システムの温度は全体として低くなっている。電解質膜に供給される燃料ガスである水素ガスは周囲温度により低温状態で供給されるが、酸化ガスとしての空気は、エアーコンプレッサーにより断熱圧縮された状態で供給されるので温度が上昇する。この場合、空気は温度が十分に上昇したあとにおいては、カソード側における酸化反応により生成する水を空気が同伴することによって排除し、電解質膜を適正な湿潤状態に保持することができる。しかし、空気が温度上昇するまでの間では、空気が同伴する水分の量が、生成される水分量よりも少なくなり、カソード側で水分の過剰状態が顕在化する。

【0005】これによって、電解反応効率が低下して出力性能が一層低下するという現象が発生する。また、外気温が比較的低い状態において、燃料電池システムの運転停止後、比較的短時間の内に運転を再開するような場合には、燃料電池スタック温度は高い状態に維持されているとともに、燃料ガスが外気温の影響は少ないために、運転再開直後においては、スタック温度および供給燃料ガスに比して、酸化ガスの温度が低い状態が発生する。このような場合にも、カソード側での生成水の排除が不十分となり、過剰水分のために電解反応効率が低下するという現象が生じる。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、このような事情に鑑みて構成されたもので、燃料電池システムの電解質膜の水分量を常に適正状態に制御できるようにして、燃料ガスの温度が酸化ガスの温度よりも所定以上高いような運転状態であっても電解質膜での電解反応を効率的に行わせることができ、したがって、高い出力性能を維持することができる燃料電池システムを提供することを目的とする。本発明の燃料電池システムは、電解質膜の一方の側に配置され燃料ガスが供給されるアノード触媒電極と、電解質膜の他方の側に配置され、酸化ガスが供給されるカソード触媒電極と、前記アノード触媒電極に供給される燃料ガスを加温する燃料ガス加温手段と、該加温された燃料ガスを前記アノード触媒電極に供給する燃料ガス供給手段と、前記カソード触媒電極に酸化ガスを供給する酸化ガス供給手段と、を備えた燃料電池システムにおいて、前記燃料ガスの供給温度が酸化ガスの供給温度よりほぼ10度以上高温であるときであって酸化ガスの供給温度が所定温度よりも低い場合に、燃料ガスから前記電解質膜への供給水分量を減少させる調整手段を備えたことを特徴とする。

【0007】好ましい態様では、前記調整手段は、燃料ガスの温度を下げることによって電解質膜への水分供給

量を減少させるようになっている。また別の好ましい態様では、前記燃料ガスの供給量を減少させることによって電解質膜への水分量の供給量を減少させるようになっていることを特徴とする燃料電池システム。好ましくは、運転停止後所定時間内に燃料電池システムを再始動するするとき、前記調整手段は、燃料ガスから電解質膜への供給水分量を減少させるようになっている。また、所定温度よりも低い外気温の状態に燃料電池システムを始動する場合に、前記調整手段は、燃料ガスから電解質膜への供給水分量を減少させるようにしてもよい。

【0008】本発明の別の特徴によれば、燃料ガスの供給温度が酸化ガスの供給温度よりほぼ10度以上高温であるときであって酸化ガスの供給温度が所定温度よりも低い場合に、酸化ガスまたは前記電解質膜を急速昇温させるようになっている。酸化ガスの加熱手段として、加熱手段は直接加熱手段を酸化ガスに適用することもできるが、エアーコンプレッサー等の断熱圧縮手段を加熱手段として活用することもできる。

【0009】

【発明の実施の形態】上記したように電解質膜は、含水状態でプロトンすなわち水素イオンの移動を可能とすることによって、電流回路を外部に形成することができ、これによって外部仕事をを行う燃料電池が形成される。すなわち、燃料電池を構成するためには、電解質膜が水分を保有していることが必要である。この場合電解質膜のカソード触媒電極側では酸化反応によって水が生成するが、この生成水がカソード触媒電極側で過剰になると、燃料電池の出力性能は低下する。したがって、出力性能を維持するためには燃料電池反応による生成水が過剰となる場合には、燃料電池から排出することも必要である。つまり膜中水分が不足してもカソード触媒電極の水分の留保が過剰となっても燃料電池の性能劣化を招くことになる。このように電解質膜の含水量は、燃料電池の性能に対して大きく影響するものであり、極めて重要である。

【0010】したがって、酸化ガスによって供給あるいは除去されて変動する電解質膜の含水量を燃料電池の運転を通じて適正範囲内に維持するための制御が必要となる。電解質膜中の水分移動は、電気浸透流といわれるプロトン移動にともなうアノード側からカソード側への移動と、反応生成水の逆拡散流といわれるカソード側からアノード側への水分移動がある。したがって、電解質膜のアノード側またはカソード側の水分の収支は電気浸透流と逆拡散流の量によって決まる。一般に、電気浸透流が逆拡散流を上回るためにアノード側は水素ガスの加温により水分を供給する必要がある。一方、カソード側においては、酸化ガスとして空気を使用する場合には、化学量論流量比でアノード側の水素流量の約2.5倍が流通することとなる。このため、同じ反応ガス利用率で運転すると、空気を加温しない場合には、アノード側の

2. 5倍の水分量がカソード側から空気に同伴して持ち去られることとなる。

【00.11】カソード側では、生成水が発生し、逆拡散流を上回る電気浸透流が流入することによってアノード側に比較すると水分量は多くなるが上記のようにガスの流通量がアノード側よりも多くなることによって、水分の不足状態が生じることとなる。従来では、空気の加湿装置を設置することによって、カソード側の水分不足の問題に対応していた。しかし、本発明者らは上記したように空気の加湿装置を省略した燃料電池を提案している。所望の出力性能を維持することができる燃料電池を提供することができたものである。図1には、本発明を適用することができる燃料電池の水分移動モデルが示されている。

$$JA(MAX) = (PW(T) / (PA - PW(T))) \cdot i / 2 \cdot F \quad (3)$$

ここで、 $a$ ：水素ガスの利用率

$PA$ ：水素の供給圧

$PW(T)$ ：温度 $T$ （℃）における飽和水蒸気分圧

$$JC(MAX) = (PW(T) / (PC - PW(T))) \cdot 5 \cdot i / 4 \cdot F \quad (4)$$

ここで、 $c$ ：空気の利用率

$PC$ ：空気の供給圧

で表される。

【00.14】燃料電池における酸化還元反応の反応中において、上記から固体高分子電解質膜をアノード側からカソード側に移動する水分移動量 $JM$ と酸化反応によって生成する水分量 $JW$ との合計量と、カソード側から空気と同伴して系外に持ち出される水分量 $JC$ とが釣り合うこと、及び電解質膜を移動する水分量 $JM$ とアノード側に供給される水分量 $JA$ とが釣り合うことが重要である。もし、カソード側から空気と同伴して系外に持ち出される水分量 $JC$ が、電解質膜をアノード側からカソード側に移動する水分移動量 $JM$ と酸化反応によって生成する水分量 $JW$ との合計量よりも多いと、カソード側において所望の水分量が確保出来なくなる。すなわち、カソード側でドライアウト現象が生じることとなる。

【00.15】また、アノード側に供給される水分量 $JA$ が電解質膜中を移動する水分量 $JM$ よりも少ない場合には、アノード側がドライアウトを生じることとなる。いずれの場合にも、全体として燃料電池の出力性能を低下させることとなる。カソード側において空気の同伴して排出される水分量（ $JC$ ）の最大値 $JC(MAX)$ 及びアノード側の加湿による水分供給量（ $JA$ ）の最大値 $JA(MAX)$ は、それぞれ当該温度における飽和水蒸気量である。したがって、この最大値 $JC(MAX)$ 及び $JA(MAX)$ は、温度に依存し、温度が上昇すると急激に増大する。したがって、アノード側の水分供給量 $JA$ 及びカソード側の水分同伴量 $JC$ も同様に温度が上昇すると増大する。この結果、カソード側では供給する空気の温度が高い場合には、ドライアウトが生じ易くなるので、供給する空気への加湿量を低減させるためには運転温度は低い方が望ま

【00.12】固体高分子電解質膜の水分移動は上記から明らかのように電気浸透流と逆拡散流との差が固体高分子電解質膜における見かけの水和量を用いて以下の式で表される。

$$JM = S \cdot i / F \quad (1)$$

ここで、 $JM$ ：固体高分子電解質膜中の水分移動量

$S$ ：見かけの水和量

$i$ ：電流密度（ $A/cm^2$ ）

またカソード側で反応により生成する水分量 $JW$ は、

$$JW = i / 2 \cdot F \quad (2)$$

であらわれる。

【00.13】アノード側の加湿による水分供給量

（ $JA$ ）の最大値 $JA(MAX)$ は、以下のように表される。

カソード側において空気と同伴して排出される水分量

（ $JC$ ）の最大値 $JC(MAX)$ は、

しい。

【00.16】一方、アノード側では供給ガスの温度が低い場合には、水分供給量 $JA$ と膜中の水分移動量 $JM$ とが拮抗する。そして、温度がある程度以上低くなった場合には、水分供給量 $JA$ が水分移動量 $JM$ より低くなってやはりドライアウトの問題が生じる。ところで、電解質膜の膜厚を薄くすることによって逆拡散流が増大するため全体として電解質膜中の水分移動量 $JM$ が減少することが分かっている。この理由は、電解質膜中の水分の濃度勾配がアノード側とカソード側との間で急激になるためであると考えられている。したがって、低い温度での運転することによってアノード側において水分供給量 $JA$ が減少することによって、アノード側でドライアウトの問題が生じるのを防止するためには、電解質膜の厚さを薄くするのが望ましい。

【00.17】しかし、燃料電池システムの運転温度が低くなり過ぎると上記の現象とは逆に、カソード側における酸化反応で生じた生成水を適正に排出することができなくなり、カソード側で水分の過剰状態が発生し、電解質膜の全体の反応効率が低下する。本発明では、運転温度が低い場合あるいは、酸化ガスの温度が燃料ガスの温度に比して低い場合には上記のカソード側の生成水排出能力が低下することに鑑み所定の運転状態では、燃料ガスから電解質膜への水分供給量を減少させるようにしている。これによって、運転状態にかかわらず、電解質膜の湿潤状態を良好に維持し、出力性能も高い水準に維持することができるものである。

【00.18】

【実施例】図2を参照すると、本発明の1実施例に従う燃料電池システム1の概略図が示されている。このシステム1では、上記の固体高分子燃料電池を積層した燃料

電池スタック2が設けられ、該燃料電池スタック2には、燃料ガスとしての水素が供給管3を介して供給される。水素ガスの供給系は、水素ガス発生源としてのM.H.水素吸蔵合金4を備えており、本例の水素吸蔵合金4は、加圧によって水素ガスを発生する。発生した高圧（5気圧程度）の水素ガスは供給管3の配管上に設けられた水素ガス調整弁5により供給圧力が調整されるようになっている（約1.5～3.0気圧程度）。そして、所定量に調整された水素ガスは燃料スタック2に隣接して設置された水素ガス加温器6に導かれる。燃料電池スタック2からの水素ガスは、水素ガス排出管7を介して燃料電池スタック2から排出され、水分凝縮器8を経て水素ガス戻り管9に導かれ、水素循環ポンプ10に導入される。水素ガス戻り管11は、上記の水素ガス圧力調整弁5の下流側で水素ガス供給管3と合流して循環経路を構成する。

【0019】また、酸化剤ガスとしての空気が供給管12を介して該燃料電池スタック2のそれぞれのカソード側に供給される。空気の供給系は、加圧するためのエアークンプレッサー13を備えており、これによって1.5ないし3.0気圧に昇圧されて、燃料電池スタック2に導入される。燃料電池からの余剰の空気は、空気排出管から水分凝縮器14を経由して大気へ開放される。本例の燃料電池システム1は、水素ガスが電解質に持ち込む水分量を調節するためおよび、水素ガスおよび空気が電解質膜から同伴する水分を処理するための水分循環系を備えている。この水分循環系は水の循環エネルギーを与えるための循環水ポンプ15を備えている循環水ポンプ15から吐出された水は配管16aを介して水素加温器6内に導入されて水素ガスと半透過膜を介して接触して水素ガスを加温する。そして、本例の水循環系では加温器6からの配管16bは、酸化ガスの水分凝縮器14に接続されており、ここを介して循環水ポンプ15の吸入側に戻されるようになっている。また、循環水ポンプ15の吸入側の配管16cには、水素ガス用水分凝縮器8からの配管も接続されており、両方の水分凝縮器8、14からの水が加温器用循環水系に組み込まれるようになっている。

【0020】また、本例の燃料電池システム1は、冷却水循環配管の経路に一部に組み込まれており、これによって冷却水による所定の冷却効果を得るようになっている。本例の冷却水循環系は、冷却水ポンプ17を備えており、冷却水ポンプ17からの吐出側配管18には、ラジエータ19が配置されており、冷却水はラジエータ19に冷却された後、エアークンプレッサー13の吐出側の熱交換器20に通され、エアークンプレッサー13によって断熱圧縮されて温度上昇した圧縮空気を冷却する。そして、熱交換器20を流れた冷却水は、水素ガス用加温器6を流れて燃料電池スタック2に通され燃料電池スタック2を所定の温度範囲内に調整されるようになって

いる。なお、エアークンプレッサー13の吐出側の配管は、熱交換器20を経由する配管12aと、経由しない配管12bとに分岐しており、これらの熱交換器20を通過する空気量を調整することにより、燃料電池スタック2に導入される空気の温度を制御することができるようになっている。

【0021】なおこの目的のために燃料スタック2に導入される空気の配管には空気温度をはかる温度センサ21が設けられている。また、水素ガスの温度を図る温度センサ22も水素ガス循環系に設けられる。なおこれらの水素及び空気の圧力を計測するために圧力計23、24がそれぞれ設けられる。なお、本例の燃料電池システム1は、空気側の加温装置は備えていない。さらに、本例の燃料電池システム1は、水素ガスを所定の運転状態において加熱するためのヒータ25を備えるとともに、このヒータ25および水素ガスコンプレッサー10の電力量を制御するために好ましくは、マイクロコンピュータを含んで構成される電子制御装置（ECU）26を備えている。

【0022】さらにエアークンプレッサー13の吐出側において、熱交換器20をバイパスするバイパス通路12bには、流量を調整する流量調整弁27が設けられている。これによって、必要に応じて燃料電池スタック2に供給される空気温度を冷却制御することができる。この目的のためにECU26は、流量調整弁の開度調整を行う制御信号を出力する。燃料電池の運転温度において、約50℃を下回るとアノード側の水分供給量（最大値）JA(MAX)が上記水分移動量JMに及ばなくなり、アノード側のドライアウトの問題が生じる。このようなドライアウトを防止し、高効率で電解反応を生じさせるためには、約50℃から70℃の範囲で運転するのが望ましい。

【0023】逆に、カソード側では、生成水が生じるので、電解質膜から水分を除去する必要がある。バランスした状態であれば、空気が生成水を適度に排出する効果を有することによって、電解質膜のカソード側は適正な湿潤状態を保持することができる。しかし、運転温度の低い状態では、アノード側の上記ドライアウトの問題を解消するために、水素ガスを加温して所定量の水分を供給するようになっていることとあいまってカソード側における水分の過剰状態が加速される。特に、特に外気温が所定温度たとえば、約5℃よりも低い温度で始動するような場合には、酸化ガスとしての空気温度が燃料ガスとしての水素ガスよりも大幅に温度が低くなる。このような状態で始動すると、空気が適度に昇温するまでの間では、空気によるカソード側からの水分の除去効果は極めて低くなり、過剰水分が電解質膜上に残って電解反応を阻害する。

【0024】このようなカソード側での水分過剰の状態

は、燃料ガスの供給温度に対して、空気の供給温度が低いときにも生じる。たとえば、定常状態で運転していた燃料電池システムを停止した後、比較的短い時間内に再び始動するような場合には、空気温は外気温であるが、燃料ガスは運転直後の暖められた燃料電池システムの残存した高い温度の影響を受けており、比較的高い温度で燃料電池スタックに供給されることになる。このような場合には、加温状態で供給される燃料ガスの保有する水分量に比して、十分に昇温しない空気がシステム内に導入されることにより、カソード側から排出される水分量が少なくなる傾向となり、上記したと同様の電解質膜カソード側での過剰湿潤状態が発生する。

【0025】このような状況にある空気、スタック、水素ガスの温度の関係を図3に示している。上記のように運転開始直後は、燃料電池システムは外気温とほぼ同じ温度になっている。運転開始後、空気は、エアーコンプレッサーによって断熱圧縮されるので、図3の特性線Aで示すように、温度が上昇する。これにともなう、スタック温度（特性線S）および水素ガス温度（特性線H）も温度上昇する。この場合、スタックおよび水素ガスはほぼ同じ傾向で温度上昇する。運転開始後、一定時間経過すると空気、スタック、水素ガスの温度上昇はなくなり温度は定常となる。燃料電池システムの温度状態が定常状態になった後においては、電解質膜の含水量の制御は、比較的容易であり電解反応の効率の良好に維持することができるが、定常状態となるまでの間は、水素ガスおよびスタックは運転停止前の暖められた温度状態を維持しているため、運転再開直後の空気の温度よりも高い。したがって、カソード側の水分過剰状態が発生する。

【0026】本発明では、このような事態を解消するため電解質膜に供給される空気温度が水素ガスよりも低い場合であって、適正な電解反応条件を損なう恐れがある場合には、燃料電池スタックに供給される水素ガスによる水分供給量を減少させるように制御して上記電解質膜の特にカソード側での湿潤状態を適正に維持するようにしている。本例の燃料電池システムは、水素ガスを加熱するヒータ25を備えており、ヒータへ電力の供給を制御することによって水素ガスの温度を制御する。水素ガスの温度は、電解質膜への水分量が最適となるように制御される。ヒータ25の温度を制御するために上記のように本例の燃料電池システム1は、ECU26を備えており、ECU26には、水素ガス温度、空気温度、スタック温度、水素ガス供給量、空気供給量、水素ガス供給圧力、空気供給圧力等のシステム運転条件を決定する物理量を表す信号が入力される。そして、ECUは、これらの入力信号に基づいて水素ガスの温度、水素ガスの循環量を制御するようになっている。具体的には、ヒータ25および水素ガス循環ポンプすなわちコンプレッサ10への電力量を制御する。これによって、燃料電池スタ

ック2に導入される水分量を制御するようになっている。

【0027】また、熱交換器20のバイパス通路12bには、流量調整弁27が設けられており、ECUは、この流量調整弁27の流量を調整することによって、熱交換器20を通過する空気量を制御するようになっている。これによってスタック2への供給空気の温度を制御する。図4を参照して、本発明にしたがう燃料電池システムの運転例について説明する。ECU26は、まず、空気温度センサの値である現在の空気温T0および水素ガス温TH、スタック温度S0を入力する（ステップS1、S2およびS3）。ECU26は、水素ガスの温度H0が所定温度H00（たとえば10℃より高いかどうか）を検出する（ステップS4）。つぎに、空気温T0が所定温度T00（たとえば5℃より低いかどうか）を検出する（ステップS5）。この場合T00 = TH + α・k（α：定数、k：外気温が高くなるのに応じて増大する係数）として水素ガス温との関係で設定することもできる。

【0028】また、水素ガスの所定温度TH0をTH0 = T0 + β（β：定数）として空気温度に基づいて設定することもできる。また、運転開始後所定時間経過したとき水素ガスは上記所定温度に達したと判断することもできる。そして、水素ガス温度が所定温度TH0よりも高く、空気温度が所定温度T00より低い場合には、水素ガスの温度は十分高い一方で、空気温度は低くカソード側の過剰湿潤状態が発生する可能性があるとして判断する。ECU26はこの判断に基づいて、水素ガスの温度上昇を停止させるべくヒータ25への電力供給が行わないように制御する（ステップS6）。また、これとともにあるいは、これと独立して、ECU26はコンプレッサ10への電力供給量を減少させる水素ガス循環量を少なくして、スタック2への水分供給量を抑制するようにする。

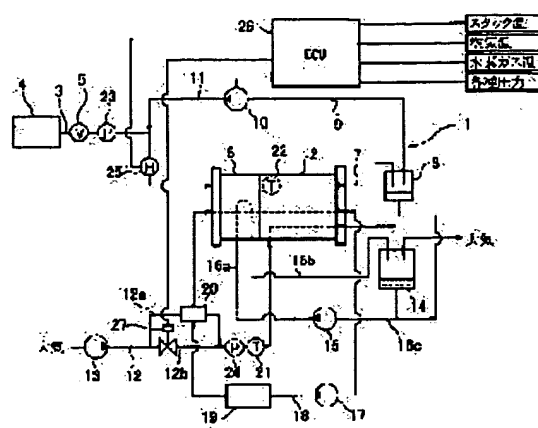
【0029】すなわち、水素ガスによる燃料電池スタック内への水分供給量が極力抑制されるように制御する。また、これと独立してあるいはこれと平行して、ECU26は、空気温を急速に上昇させるべく、バイパス通路の流量調整弁27の開度調整を行う（ステップS7）。この場合には、ECU26は、流量調整弁27を全開にし、熱交換器20を通過させないようにしてコンプレッサの断熱圧縮による空気昇温効果を最大限有効化する制御を行う。また、水素ガスによる水分供給に関し、カソード側の水分過剰状態が懸念される場合には、上記の例に限らず、水素ガスによる水分供給量を抑制するためのあらゆる手段を使用することができる。たとえば、冷却水による冷却効果を利用して供給水素ガスの温度を下げることによって同量水分量を減少させることもできる。

【0030】なお、上記の実施例では、水素ガス発生源として水素吸蔵合金を使用しているが、必ずしもこれに限られるものではなく、水素ポンプ等から直接水素ガスを供給するようにしてもよい。

8-7



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 稲目 カ  
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ  
 株式会社内